

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**

## LAMINATED SEMICONDUCTOR SUBSTRATE

Patent Number: JP3036717  
 Publication date: 1991-02-18  
 Inventor(s): OKUDA KOJI  
 Applicant(s): FUJITSU LTD  
 Requested Patent: ☐ JP3036717  
 Application Number: JP19890172168 19890703  
 Priority Number(s):  
 IPC Classification: H01L21/20; C30B29/40; C30B29/68; H01L29/203  
 EC Classification:  
 Equivalents:

### Abstract

**PURPOSE:** To obtain a semiconductor substrate which is provided with a rejection formation layer with less defect density by forming a buffer layer structure which is superb in dislocation propagation rejection function.

**CONSTITUTION:** When forming a laminated type semiconductor substrate in a structure where a compound semiconductor single crystal such as GaAs is subjected to epitaxial growth on an Si substrate, stress caused by lattice mismatching was eliminated by generating misfit dislocation on a single crystal Si substrate 1, namely a fully thick InGaAs layer 2 which is sufficient for generating misfit dislocation is provided, a GaAs layer 3 which is doped with Zn is provided on it in a thickness so that no stress generated by misfit dislocation is eliminated, an InGaAs layer 4 is provided on it in a thickness so that no stress caused by misfit dislocation is eliminated, and then a target layer GaAs layer 5 is provided on it, thus enabling motion speed of a dislocation 7 being extended to the GaAs layer 3 to be large, frequently forming a loop in combination with other dislocations of the same type, and limiting dislocation density within the GaAs layer 5 which is the element formation layer. Zn which is doped to the GaAs layer 3 promotes move of dislocation.

Data supplied from the esp@cenet database - 12

⑩ 日本国特許庁(JP)  
⑫ 公開特許公報(A)

⑪ 特許出願公開

平3-36717

⑤ Int. Cl.<sup>3</sup>

H 01 L 21/20  
C 30 B 29/40  
29/68  
H 01 L 29/203

識別記号

庁内整理番号

7739-5F  
7158-4G  
7158-4G  
8225-5F

⑬ 公開 平成3年(1991)2月18日

審査請求 未請求 請求項の数 1 (全6頁)

⑭ 発明の名称 積層型半導体基板

⑮ 特 願 平1-172168

⑯ 出 願 平1(1989)7月3日

⑰ 発 明 者 奥 田 浩 司

神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地 富士通株式会社  
内

⑱ 出 願 人 富士通株式会社  
⑲ 代 理 人 弁理士 井 桁 貞一

神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地

明 細 書

1 発明の名称

積層型半導体基板

2 特許請求の範囲

単結晶S<sub>1</sub>基板上に、

S<sub>1</sub>より格子定数が大である第1の化合物半導体の第1の層が、ミスフィット転位の発生する厚さより大なる厚さに結晶軸を合わせて堆積形成され、

前記第1の層上に、第1の半導体に格子定数が近似する第2の化合物半導体であってZnがドーブされた半導体層が、ミスフィット転位の発生する厚さより小なる厚さに結晶軸を合わせて堆積形成され、

前記第2の化合物半導体層上に、前記第1の化合物半導体の第2の層がミスフィット転位の発生する厚さより小なる厚さに結晶軸を合わせて堆積形成され、

前記第2の層上に前記第2の化合物半導体層が

結晶軸を合わせて堆積形成されていることを特徴とする積層型半導体基板。

3 発明の詳細な説明

(概 要)

本発明はS<sub>1</sub>基板の上にGaAsの如き化合物半導体単結晶をエピタキシャル成長させた構造の積層型半導体基板に関わり、

基板とエピタキシャル成長層の界面に発生するミスフィット転位の伝播を抑制する効果がより優れたものである積層型バッファ構造を提供することを目的とし、

上記例の如くエピタキシャル成長層がGaAsである場合、

単結晶S<sub>1</sub>基板上に、格子不整合に起因する応力をミスフィット転位の発生によって解消させたInGaAs或いはGaAsP層を設け、

その上にミスフィット転位の発生による応力解消のない厚さにGaAs層を設け、

またその上にミスフィット転位の発生による応

力解消のない厚さにInGaAs<sub>2</sub>或いはGaAs<sub>2</sub>P層を設け、

更にその上に目的層であるGaAs層を設けた構成とする。

#### (産業上の利用分野)

本発明はSi基板上にGaAsの如き化合物半導体単結晶をエピタキシャル成長させた構造の積層型半導体基板に関わり、特に応力層を介在させてミスフィット転位の伝播を抑制した積層型半導体基板に関わる。

近年、電子的特性がSiより優れたGaAs基板に素子を組み込んで集積回路を形成することが行われるようになった。その場合、GaAs基板は全体がGaAsであるものよりも、支持体部分はSiで素子形成層のみGaAsであるものの方が、機械的強度が大であり、経済性も勝っていることから、単結晶Si基板上にGaAs層をエピタキシャル成長させた集積回路用基板が有望であると期待されている。

As層をバッファ層として介在させるものがある。同図の21はSi基板、23は例えば450℃で成長させた低温GaAs層、22は600~700℃で成長させたGaAs層である。

また、第4図(ハ)ではバッファ層として組成をGaPからGaAsに連続的に変化させた傾斜組成(グレーデッド)層24を用いている。即ち、Si基板21に接する部分はGaPの組成でエピタキシャル成長を開始し、次第にAs成分を増して最終的にはGaAsとしたバッファ層を形成し、その上にGaAs層22を成長させている。

これらの処理は最終成長層であるGaAs層の欠陥低減にはかなりの効果を有するものの、転位の伝播を阻止するという点では十分とは言えないものである。

第4図(ハ)はSi基板21と目的とするGaAs層22の間にGaAsPとGaPから成る超格子層25およびGaAs/GaAsPの超格子層26を介在させたものである。これ等の超格子は歪超格子と呼ばれ、素子形成層中 転位密度を減少させるの

ところがSiに比べGaAsは格子定数が約4%大であるため、このような構成の集積回路基板を通常の気相成長法などで形成しようとするとき、SiとGaAsの格子不整合に起因する転位(ミスフィット転位)が発生し、転位線が成長層中に伝播することが起こる。成長層の転位密度が大であると形成された素子の特性に悪影響が及ぶので、このような転位の伝播は極力阻止しなければならない。

#### (従来の技術と発明が解決しようとする課題)

ヘテロ・エピタキシャル界面に生ずるミスフィット転位を成長層に伝播させないためには、間にバッファ層を介在させることが行われている。バッファ層を設けることの直接の目的は必ずしも転位伝播の抑制とは限らないが、結果的に素子形成層の結晶欠陥を減少させる効果を示すこともあり、どのようなバッファ層が有効かということで、従来様々な構造や処理が提案されている。

例えば、第4図(ハ)の如く、低温で成長したGa

に有効であるが、構造が複雑であり、層形成のために精密な制御が要求される。

本発明の目的は、簡単な構成で転位伝播阻止機能の優れたバッファ層構造を提供することであり、欠陥密度の低い素子形成層を備えた半導体基板を提供することである。

#### (課題を解決するための手段)

上記目的を達成するため、本発明の積層型半導体基板は

単結晶Si基板上に、

Siより格子定数が大である第1の化合物半導体の第1の層が、ミスフィット転位の発生する厚さより大なる厚さに結晶軸を合わせて堆積形成され、

前記第1の層上に、第1の半導体に格子定数が近似する第2の化合物半導体であってZnがドーブされた半導体層が、ミスフィット転位の発生する厚さより小なる厚さに結晶軸を合わせて堆積形成され、

前記第2の化合物半導体層上に、前記第1の化合物半導体の第2の層がミスフィット転位の発生する厚さより小なる厚さに結晶軸を合わせて堆積形成され、

前記第2の層上に前記第2の化合物半導体層が結晶軸を合わせて堆積形成された構成となっている。

#### (作用)

ミスフィット転位は、格子定数の差が大であるほど多く発生するのは当然であるが、同時に、成長層の厚みが大となることによっても発生する。これは、成長層の原子層数が小である間は歪応力を内包した層が成長するが、層厚が増し、応力の累積値が大となると転位が発生して応力を解放するからである。

また、転位はそれを内包する結晶空間の熱エネルギーや応力によって移動し、転位どうしが結合して消滅したり、ループを形成することが起こる。そうすると転位はそれ以後の成長層には伝播しな

は同図(向)に書き込まれたようにミスフィット転位6が生じている。転位の発生によって応力は解放されているため、同図(向)に描かれる如く、基板1と第1の層2には、層2の上部を除いて応力は内包しない。

図中のミスフィット転位6は刃状転位の如く描かれているが、螺旋転位成分を持つ転位7は層成長方向に延在し、ZnドーパGaaS層3にまで伝播している。

層2の上にエピタキシャル成長されたZnドーパGaaS層3は、厚みを制限されたものであるためInGaaS層2との格子定数差による転位の発生は無く、応力を内包して形成されている。同図(向)に示されるようにInGaaS層2の格子定数はGaaSのそれより若干大であるから、GaaS層には引張り力が加えられ、それに対する応力が同図(向)のように現れる。該図面では中央が応力0であり、左側が引張りに対する応力、右側が圧縮に対する応力である。

GaaS層3の上には、やはりミスフィット転

位から、応力場の存在によっても転位の伝播が抑制されることになる。

更に、応力場による転位の移動に於いて、その結晶にドーパする不純物の種類によって転位の動き易さが増えること、例えばGaaSにZnをドーパすれば転位が動き易くなることも知られている。

第1図は、後出の第1の実施例の構造における作用を説明する図で、同図(向)は堆積構造を示す断面模式図、同図(向)及び(向)は各層の格子定数と応力を示す線図である。以下、これ等の図面を参照して本発明の作用を説明する。同図(向)の1はSi基板、2は第1のInGaaS層、3はZnがドーパされたGaaS層、4は第2のInGaaS層、5は量子形成層のGaaS層である。2つのInGaaS層は実施例では意図的に異ならせているが、ここでは同じとする。

各層の格子定数は第1図(向)に示されるように分布しており、Si基板1とInGaaS層2の間の格子定数の差が大きいことから、両者の界面に

位を生じない厚さに第2のInGaaS層4が設けられ、図(向)の如き応力分布を示している。GaaS層3はその上下を格子定数の大きいInGaaS層で挟まれているため、強い引張り力を受けてそれに対する応力を内包している。

このような状況では、GaaS層3に延在する転位7の運動速度は大となり、同種の他の転位と結合してループを形成することが多くなる。従って第2のInGaaS層4まで延在する転位は極めて僅かとなり、更に該InGaaS層でもループが形成されると量子形成層であるGaaS中の転位密度は更に低減されることになる。GaaS層3にドーパされたZnは、上述の如く転位の移動を促進するものである。

#### (実施例)

第2図は本発明の第1の実施例の構造を示す断面模式図である。以下、該図面を参照しながら説明する。

Si基板11上にZnがドーパされたInGaaS

、 $A_s$  ( $0.005 \leq x \leq 0.05$ ) 層12が堆積形成されている。該層はTMI、TMC、TEG、アルシン ( $AsH_3$ )などを原料とするMOCVD法によってエピタキシャル成長されたものであり、他の堆積形成層も同様にMOCVDによりエピタキシャル成長される。Znをドーブする場合はZn ( $CH_3$ )<sub>2</sub>が添加され、Pを含む場合は原料としてフォスフィン ( $PH_3$ ) が用いられる。

該層12の厚さは略20nmであり、ミスフィット転位が発生するのに十分な厚さであるから、転位の発生によって応力は解放された状態となっている。

その上にZnがドーブされたG<sub>2</sub>A<sub>2</sub>層13が略40nmの厚さに堆積形成されている。該層と下地のInG<sub>2</sub>A<sub>2</sub>層とは第4図に示されるように格子定数の差は余り大きくないので、この厚さでもミスフィット転位は発生せず、格子不整合に基づく応力がG<sub>2</sub>A<sub>2</sub>層12に存在する。格子定数はInG<sub>2</sub>A<sub>2</sub>の方が大であるから、G<sub>2</sub>A<sub>2</sub>層には引張り力が加わっている。

既に述べた如く、転位の移動を速やかならしめるためである。ドーブ量は $10^{17} \sim 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ 程度が適当である。また、層12及び層14にZnがドーブされているのも転位伝播抑制の効果を高めるためであるが、これ等の層へのZnドーブは本発明の不可欠の要素ではない。

以上の構成のバッファ層の上に目的層であるG<sub>2</sub>A<sub>2</sub>層15がエピタキシャル形成されている。該層はG<sub>2</sub>A<sub>2</sub>集積回路の素子形成層或いは素子分離用の半絶縁層となるものであるから、夫々の使用目的に合わせた厚さであり、不純物がドーブされたものである。

第3図は本発明の第2の実施例の構造を示す断面模式図である。以下、該図面を参照しながら説明する。

この実施例で層構造が上記実施例と異なるのは、S1基板/バッファG<sub>2</sub>A<sub>2</sub>層間およびバッファG<sub>2</sub>A<sub>2</sub>層/目的層間に存在するのがG<sub>2</sub>A<sub>2</sub>Pとなっている点である。G<sub>2</sub>A<sub>2</sub>Pは格子定数がG<sub>2</sub>A<sub>2</sub>より小であるから、これに挟まれたG<sub>2</sub>A<sub>2</sub>

更にその上にはZnがドーブされたInG<sub>2</sub>A<sub>2</sub>層14が堆積形成されている。

この第2のInG<sub>2</sub>A<sub>2</sub>の格子定数も下地G<sub>2</sub>A<sub>2</sub>の格子定数より大であるから、G<sub>2</sub>A<sub>2</sub>層13には、その上のInG<sub>2</sub>A<sub>2</sub>層14によっても引張りに対する応力が生じる。ここで第2のInG<sub>2</sub>A<sub>2</sub>層14の厚さは略80nmであるが、2つのInG<sub>2</sub>A<sub>2</sub>層の組成と厚さが異なっているのはG<sub>2</sub>A<sub>2</sub>層に生じる応力を大とするためであり、第2のInG<sub>2</sub>A<sub>2</sub>層は格子定数差が小で転位が生じ難いことから、その厚さを大とすることでG<sub>2</sub>A<sub>2</sub>層の応力を増大させているのである。

このようにして、G<sub>2</sub>A<sub>2</sub>層13が内包する応力は十分に大きいものとなっているので、下地であるInG<sub>2</sub>A<sub>2</sub>層12から伝播した転位は該G<sub>2</sub>A<sub>2</sub>層内で速やかに移動し、結合してループを形成したり或いは消失することになる。そのため、上部のInG<sub>2</sub>A<sub>2</sub>層14に伝播する転位数は僅少となる。

G<sub>2</sub>A<sub>2</sub>層13にZnがドーブされているのは、

A<sub>2</sub>層は上記実施例とは反対に圧縮力を受け、それに対する応力を内包するものとなっている。

バッファ領域を形成する各層の組成は次の通りで、S1基板上に堆積された第1のG<sub>2</sub>A<sub>2</sub>層11、P<sub>2</sub> ( $0.005 \leq x \leq 0.05$ ) 層16はZnドーブされたもの、G<sub>2</sub>A<sub>2</sub>層17は上記実施例のG<sub>2</sub>A<sub>2</sub>層13と同程度にZnをドーブされたもの、第2のG<sub>2</sub>A<sub>2</sub>層18、P<sub>2</sub> ( $0.005 \leq y \leq 0.05$ ) 層18もZnドーブである。

また、これら各層の厚さは上記実施例に類似したものでよいが、層16はミスフィット転位が発生する程度に十分厚く、層17及び層18はミスフィット転位が発生しない範囲で十分な内部応力を生じる程度に厚く形成することが、本発明を効果あるものとするために要求される事項である。

#### (発明の効果)

以上説明したように、本発明に於けるバッファ層構造は転位の伝播抑制に有効であり、目的層であるG<sub>2</sub>A<sub>2</sub>層の欠陥密度は大幅に低減されたも

のとなるので、本発明の半導体基板を使用することにより、特性のより優れたGaAs集積回路が実現することになる。

#### 4 図面の簡単な説明

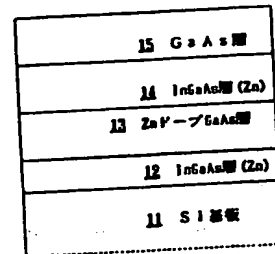
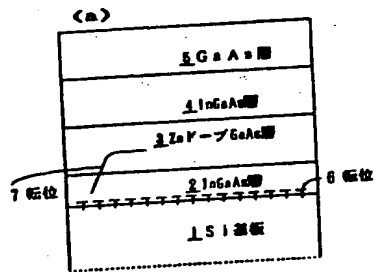
第1図は本発明の作用を説明する図、  
第2図は第1の実施例の構造を示す模式図、  
第3図は第2の実施例の構造を示す模式図、  
第4図は従来のバッファ層構造を示す模式図であって、

図に於いて

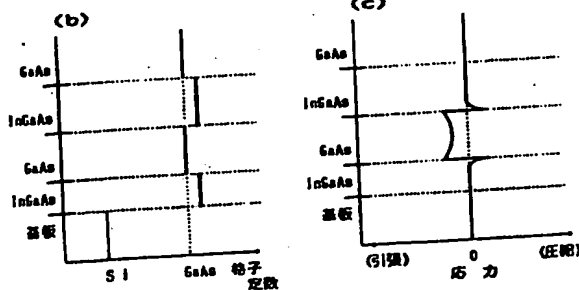
- 1はSi基板、
- 2は第1のInGaAs層、
- 3はZnドーパドGaAs層、
- 4は第2のInGaAs層、
- 5はGaAs層、
- 6、7は転位、
- 11はSi基板、
- 12は第1のInGaAs層、
- 13はZnドーパドGaAs層、

- 14は第2のInGaAs層、
- 15はGaAs層、
- 16は第1のGaAsP層、
- 17はGaAs層、
- 18は第2のGaAsP層、
- 21はSi基板、
- 22はGaAs層、
- 23は低温成長GaAs層、
- 24は傾斜形成のGaAsP層
- 25はGaAsP/GaP超格子層、
- 26はGaAs/GaAsP超格子層である。

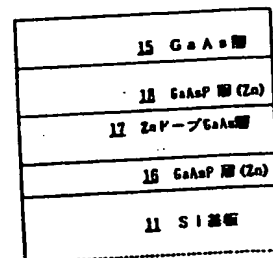
代理人 弁理士 井 術 貞



第1の実施例の構造を示す模式図  
図2

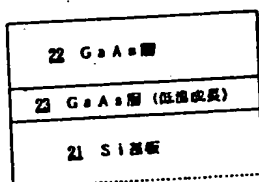


本発明の作用を説明する図  
図1

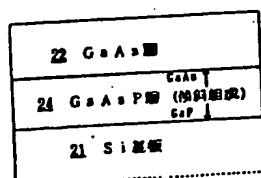


第2の実施例の構造を示す模式図  
図3

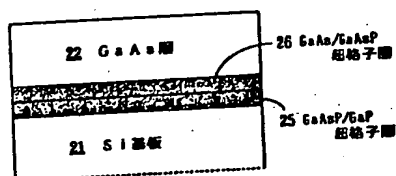
(a)



(b)



(c)



従来のバッファ層構造を示す模式図

図4